DOI:10.6661/TESFE.2009004 台灣昆蟲Formosan Entomol. 29: 37-50 (2009) 研究報告 Research report

Formosan Entomologist
Journal Homepage: entsocjournal.yabee.com.tw

Influence of Temperature on the Life Table and Host-killing Capability of Closterocerus okazakii (Kamijo) (Hymenoptera: Eulophidae) 【Research report】

溫度對岡崎釉小蜂 (Closterocerus okazakii (Kamijo)) (膜翅目：釉小蜂科) 生命表與致死寄主能力之影響【研究報告】

Ching-Chin Chien1* and Shu-Chen Chang1
錢景秦1*、張淑貞1

*通訊作者E-mail : chien@tari.gov.tw

Received: 2009/02/03 Accepted: 2009/04/08 Available online: 2009/05/01

Abstract

Closterocerus okazakii (Kamijo) is one of the dominant species in the parasitoid complex of the vegetable leaf miner Liriomyza sativae Blanchard in Taiwan. To understand the biological control availability of this wasp, we investigated the influence of temperature (10-35oC at 5oC intervals) on both their life table and their host-killing capability. The suitable temperature range for the development of this wasp was from 15 to 35oC. Within this range, the survival rate and development period from egg to pupal stage was 92.4-100% and 8.8-56.8 days, respectively. However, the survival rates of egg and larval stages were 7.5 and 0% at 10oC. The lower developmental threshold was 11.3oC from egg to pupal stage. The thermal requirements of egg, larval, prepupal, pupal, and egg to pupal stages were 21, 51, 16, 109, and 192 degree-days, respectively. The total number of hosts killed by the wasp was 94, 245, 372, 64 and 32 at 15, 20, 25, 30 and 35oC, respectively when 40-50 third instars of L. sativae were provided daily for a pair of C. okazakii. However, the total numbers of hosts killed by parasitism and feeding were 189 and 141, respectively when the wasps were reared at 25oC during the immature stages and later transferred to 30 and 35oC after emergence. At 25oC, the intrinsic rate of increase (rm) and the net reproductive rate (Ro) were 0.2421/day and 139.7 viable female eggs (pupae) per female, respectively. The maximum longevity of the female and male wasps was 55.9 days at 20oC and 39.5-40.3 days at 15 and 20oC, respectively when adults were provided daily with honey only at between 15 to 35oC. For those wasps provided daily with both hosts and honey, the maximum longevity of both female and male wasps was 45.5 and 32.5 days at 15oC, respectively.

摘要

岡崎釉小蜂 (Closterocerus okazakii (Kamijo)) 為臺灣地區蔬菜斑潛蠅 (Liriomyza sativae Blanchard) 之優勢寄生蜂。為瞭解該蜂對蔬菜斑潛蠅生物防治之利用，本文探討溫度 (10～35℃) 對岡崎釉小蜂生命表與致死寄主能力之影響。結果得知，該蜂發育適溫帶為 15 至 35℃，其間卵至蛹期之存活率為 92.4～100%，發育日數為 8.8～56.8 日，而 10℃ 時卵期與幼蟲期之存活率僅各為 7.5 與 0%。卵至蛹期之發育臨界低溫為 11.3℃，卵、幼蟲、前蛹、蛹及卵至蛹期之發育有效積溫各為 21、51、16、109 及 192 日度。於定溫情況，每日供應 40～50 隻蔬菜斑潛蠅第三齡寄主幼蟲時，該蜂致死寄主總數在 20 與 25℃ 時，各為 245 與 372 隻，15、30 及 35℃ 時各為 94、64 及 32 隻。該蜂在 25℃ 下繁殖，並於初羽化時移至 30 與 35℃，則致死寄主總數各為 189 和 141隻。該蜂餵食純蜂蜜，25℃ 時族群增長最快，雌蜂每日產雌性有活力卵數 (蛹數) 之內在增殖率 (rm) 為 0.2421，淨增殖率 (R0) 為 139.7 粒。在 15～35℃ 定溫，每日僅以純蜂蜜餵食時，雌、雄蜂壽命最長各為 20℃ 時之 55.9 日，與 15、20℃ 時之 39.5～40.3 日；同時供應寄主與純蜂蜜時，雌、雄蜂壽命最長各為 15℃ 時之 45.5 與 32.5 日。

Key words: Closterocerus okazakii, Liriomyza sativae, temperature, life table, host-killing capability

關鍵詞: 岡崎釉小蜂、蔬菜斑潛蠅、溫度、生命表、致死寄主能力。

Full Text: PDF(0.51 MB)

下載其它卷期全文 Browse all articles in archive: http://entsocjournal.yabee.com.tw

台灣昆蟲 29: 37-50 (2009)
Formosan Entomol. 29: 37-50 (2009)

溫度對岡崎釉小蜂 (*Closterocerus okazakii* (Kamijo)) (膜翅目：釉小蜂科) 生命表與致死寄主能力之影響

錢景秦[1*]、張淑貞[1]

[1] 行政院農業委員會農業試驗所應用動物組 41362 臺中縣霧峰鄉中正路 189 號

摘　要

岡崎釉小蜂 (*Closterocerus okazakii* (Kamijo)) 為臺灣地區蔬菜斑潛蠅 (*Liriomyza sativae* Blanchard) 之優勢寄生蜂。為瞭解該蜂對蔬菜斑潛蠅生物防治之利用，本文探討溫度 (10～35℃) 對岡崎釉小蜂生命表與致死寄主能力之影響。結果得知，該蜂發育適溫帶為 15 至 35℃，其間卵至蛹期之存活率為 92.4～100%，發育日數為 8.8～56.8 日，而 10℃ 時卵期與幼蟲期之存活率僅各為 7.5 與 0%。卵至蛹期之發育臨界低溫為 11.3℃，卵、幼蟲、前蛹、蛹及卵至蛹期之發育有效積溫各為 21、51、16、109 及 192 日度。於定溫情況，每日供應 40～50 隻蔬菜斑潛蠅第三齡寄主幼蟲時，該蜂致死寄主總數在 20 與 25℃ 時，各為 245 與 372 隻，15、30 及 35℃ 時各為 94、64 及 32 隻。該蜂在 25℃ 下繁殖，並於初羽化時移至 30 與 35℃，則致死寄主總數各為 189 和 141 隻。該蜂餵食純蜂蜜，25℃ 時族群增長最快，雌蜂每日產雌性有活力卵數 (蛹數) 之內在增殖率 (r_m) 為 0.2421，淨增殖率 (R_0) 為 139.7 粒。在 15～35℃ 定溫，每日僅以純蜂蜜餵食時，雌、雄蜂壽命最長各為 20℃ 時之 55.9 日，與 15、20℃ 時之 39.5～40.3 日；同時供應寄主與純蜂蜜時，雌、雄蜂壽命最長各為 15℃ 時之 45.5 與 32.5 日。

關鍵詞：岡崎釉小蜂、蔬菜斑潛蠅、溫度、生命表、致死寄主能力。

前　言

岡崎釉小蜂 (*Closterocerus okazakii* (Kamijo)) 分布於臺灣 (Lin and Wang, 1992; Chien and Ku, 1998)、中國之福建省 (Chen and Ye, 2002) 與廣東省 (Zeng *et al*., 1999) 及日本 (Arakaki and Kinjo, 1998) 等地。在臺灣，該蜂爲蔬菜斑潛蠅 (*Liriomyza*

*論文聯繫人
e-mail: chien@tari.gov.tw

sativae Blanchard) 之本地種優勢寄生蜂 (Chien and Chang, unpublished data)。寄生方式屬幼蟲單員內寄生 (larval solitary endoparasitoid)。致死寄主方式有寄生與取食寄主 (host-feeding) 兩種，不論在非洲菊斑潛蠅 (*Liriomyza trifolii* (Burgess)) 與蔬菜斑潛蠅上，雌蜂偏好在第三齡寄主幼蟲上產卵，在第二齡與第三齡寄主幼蟲上取食 (Chien and Ku, 2001; Chien and Chang, 2009)。於 25℃ 下，雌蜂一生致死寄主蔬菜斑潛蠅幼蟲數高達 372 隻，同時寄主幼蟲被產卵或取食後，各經 2.8～102 與 0 分鐘即不再活動、取食 (Chien and Chang, 2009)。爲深入瞭解在蔬菜斑潛蠅上，溫度對岡崎釉小蜂之發育、齡別生命表、致死寄主能力及壽命等之影響，乃進行本試驗，冀能提供該蜂繁殖技術與應用之參考。

材料與方法

寄主植物、寄主昆蟲及寄生蜂之飼育

本試驗所用之寄主蔬菜斑潛蠅蟲源、寄主植物菜豆 (*Phaseolus vulgaris* var. *communis* Aeschers) 苗及寄主蔬菜斑潛蠅之繁殖方法，如 Chien and Ku (1996) 所述。岡崎釉小蜂之蟲源與繁殖方法，則如 Chien and Ku (2001) 所述。即以帶有寄主蔬菜斑潛蠅第三齡幼蟲潛食之罐插菜豆苗，繁殖岡崎釉小蜂。

寄生蜂寄生致死寄主與取食致死寄主之區分

本試驗中，區分寄主幼蟲被岡崎釉小蜂寄生或取食後之致死徵狀，係依 Chien and Chang (2009) 所述。被寄生者體黃色、外形鬆馳拉長但仍保持原來之飽滿、消化管內無暗綠色之內容物、呈深度麻痺狀態，被取食者體黃褐色、外形伸長體扁且萎縮、消化管內仍殘留有暗綠色之內容物、傷口處留有乾涸之體液。

一、溫度對釉小蜂發育之影響

由於岡崎釉小蜂前蛹期在 15～35℃ 下低於 1 日；而該蜂生命表中卵至蛹期之發育，必須採用 24 小時同齡蜂卵爲試材。因此爲達精確記錄該蜂發育期與齡別生命表之目的，分別將帶有 2 小時或 24 小時同齡蜂卵 (24～51 粒) 之罐插菜豆苗，各放入 10、15、20、25、30 及 35℃ 之定溫箱內。2 小時同齡蜂卵之處理組，每日觀察溫度對該蜂各蟲期存活率與發育日數之影響，並在近各蟲期變化或齡期蛻皮之際，每小時記錄該蜂之發育情形。24 小時同齡蜂卵之處理組，則觀察在不同溫度處理下，卵發育至蛹期之發育日數與存活率。其中存活率試驗，以 25～35 粒卵爲一組，各做 3 重複；發育期試驗各觀察 23～51 隻不等。並依 Campbell *et al*. (1974) 之方法，估算該蜂之發育臨界低溫與發育有效積溫。

二、溫度對釉小蜂生命表與致死寄主能力之影響

利用前項中，岡崎釉小蜂卵在 15、20、25、30 及 35℃ 五種不同定溫下，正常發育交尾後 0 日齡之成蜂，各取 1 對釋入直徑 12 cm、高 21 cm 之玻璃筒，並供應 1 株內有 40～50 隻第三齡寄主幼蟲潛食之罐插菜豆苗，然後再放回原定溫箱內。每日早上 7 點，將已被寄生或取食寄主之菜豆苗移出，更換 1 株新鮮帶有寄主之菜豆苗，並以細毛筆將純蜂蜜塗於玻璃筒內壁，直至雌蜂死亡爲止。試驗期間，每日將各處理所更換下內有被寄生、或取食寄主之菜豆苗，移至 25℃ 下飼育，直至子代羽化。記錄各處理 1 對成蜂之

壽命，並依 Chien and Ku (2001) 之方法，於接蜂後次晨，利用透光法，計數雌蜂對寄主幼蟲之致死總數（寄生致死數＋取食致死數），7 日後，再分別記錄雌蜂對寄主幼蟲之寄生數（寄生蜂蛹數）與取食寄主數（致死寄主總數－寄生蜂蛹數），待寄生蜂羽化後，再記錄雌蜂與雄蜂數及雌性比。每處理各進行 8～18 重複。然後將前項岡崎釉小蜂於 24 小時內之同齡蜂卵，在各不同溫度處理中之發育期與存活率資料及本項試驗所得之資料，利用 Lotka-Euler formula 之方法 (Goodman, 1982)，估算該蜂在各不同定溫下之族群介量，如內在增殖率 (intrinsic rate of increase, r_m)、終極增殖率 (finite rate of increase, λ)、淨增殖率 (net reproductive rate, R_0) 及平均世代時間 (mean generation, T) 等。

三、高溫對 25℃ 下繁殖之釉小蜂生育力與致死寄主能力之影響

岡崎釉小蜂在 30 與 35℃ 定溫下繁殖，雖不利其生育力與致死寄主能力。但爲測試室內 25℃ 下繁殖之雌蜂，在田間高溫下之應用，於是將在 25℃ 下繁殖之 0 日齡 1 對成蜂，分別釋入直徑 12 cm、高 21 cm 之玻璃筒，移至 30 與 35℃ 下，然後測試高溫對岡崎釉小蜂壽命、生育力及致死寄主能力之影響，期間供試寄主與檢視試驗結果之方法，與前第二項相同。各進行 8 與 4 重複。

四、溫度與食物對成蜂壽命之影響

探討溫度 (15～35℃) 與食物（純蜂蜜、寄主與純蜂蜜、水）對岡崎釉小蜂壽命之影響。純蜂蜜與水之處理組，係將於 25℃ 下初羽化之 10 對成蜂，釋入直徑 3 cm、高 10 cm 之玻璃管，每日以細毛筆塗畫於玻璃管內壁之方式，餵以純蜂蜜或水，另設一不餵食任何食物之對照組。其中餵食純蜂蜜之處理組，係將成蜂各放入 15、20、25、30 及 35℃ 等不同溫度之定溫箱，而餵食水、或不餵食任何食物之對照組，則將成蜂放入 25℃ 定溫箱，每日記錄成蜂之壽命，每處理各進行 5 重複。餵食寄主與純蜂蜜之處理組，則利用前第二項之資料，測試在上述五種不同溫度下，每日同時供應寄主與純蜂蜜情況時，記錄成蜂之壽命。

五、統計分析

各項試驗資料利用 SPSS (Statistical Products and Services Solutions) 軟體先進行變方分析，再以最小顯著差 (LSD) 法，或 t 值測試法檢測，採 $p < 0.05$ 顯著水準比較處理間之差異。

結　　果

一、溫度對釉小蜂發育之影響

在 10～35℃ 定溫下，岡崎釉小蜂卵發育至蛹期之存活率受溫度之影響（表一）。該蜂發育之適溫帶爲 15 至 35℃，各溫度下卵、幼蟲及蛹期之存活率均高於 92.4%。至於 10℃ 時，其卵期與幼蟲期之存活率卻僅爲 7.5 與 0%。在 15～35℃ 間，岡崎釉小蜂未成熟期之發育日數，均隨溫度之升高而縮短（表二），該蜂各生長期之發育速率與溫度呈極顯著之線性迴歸關係（表三）。卵、幼蟲、前蛹、蛹及卵至蛹等蟲期之發育臨界低溫，各爲 10.7、12.9、4.7、10.3 及 11.3℃；發育有效積溫各爲 21、51、16、109 及 192 日度（表三）。

二、溫度對釉小蜂生命表與致死寄主之影響

壽命：雌蜂壽命在 15℃ 時爲 45.5 日，

表一　不同定溫下岡崎釉小蜂未成熟期之存活率 [1)]

Table 1. Survival rate ($\bar{X}$ ± SEM) of each immature stage of *Closterocerus okazakii* at various constant temperatures[1)]

Temp. (°C)	Egg	Larva	Prepupa	Pupa	Egg-pupa
10	7.5 ± 4.6	0	-	-	0
15	100	100	100	94.1 ± 2.2	94.1 ± 2.2
20	100	100	100	100	100
25	100	100	100	95.9 ± 1.7	95.9 ± 1.7
30	100	100	99.5 ± 0.5	93.9 ± 1.6	93.4 ± 1.1
35	100	100	100	92.4 ± 1.4	92.4 ± 1.4

1) With 25-35 eggs per treatment, three replicates.

表二　不同定溫下岡崎釉小蜂未成熟期之發育日數

Table 2. Duration (days) of each immature stage of *Closterocerus okazakii* at various constant temperatures

Temp. (°C)	Egg		Larva		Prepupa		Pupa		Egg-pupa	
	n	$\bar{X}$ ± SEM	*n*	$\bar{X}$ ± SEM	*n*	$\bar{X}$ ± SEM	*n*	$\bar{X}$ ± SEM	*n*	$\bar{X}$ ± SEM
10	30	10.0 ± 0.0		-		-		-		-
15	25	5.7 ± 0.0	25	21.6 ± 0.6	25	2.5 ± 0.6	23	27.0 ± 0.8	23	56.8 ± 0.8
20	28	3.6 ± 0.0	28	8.8 ± 0.2	28	0.9 ± 0.1	28	13.2 ± 0.2	28	25.5 ± 0.2
25	51	1.5 ± 0.0	51	4.2 ± 0.1	51	0.7 ± 0.1	49	6.2 ± 0.1	49	12.6 ± 0.1
30	24	1.1 ± 0.0	24	2.6 ± 0.1	24	0.6 ± 0.1	23	4.9 ± 0.1	23	9.2 ± 0.1
35	29	0.8 ± 0.0	28	2.5 ± 0.2	28	0.6 ± 0.1	27	4.9 ± 0.1	27	8.8 ± 0.1

表三　岡崎釉小蜂各發育期之發育速率對溫度之線性迴歸方程式、發育臨界低溫及有效積溫

Table 3. Linear regression equations (*y* = developmental rate, *x* = temperature), Lower developmental thresholds (°C), and thermal summation (degree-day) for the different life stages of *Closterocerus okazakii*

Stage	Temp. range (°C)	Regression equation[1)]	R^2	T_0 ($\bar{X}$ ± SEM)[2)]	*DD* ($\bar{X}$ ± SEM)[2)]
Egg	10-35	$y = 0.0477x - 0.5091$	0.9477	10.7 ± 1.0	21 ± 2
Larva	15-35	$y = 0.0196x - 0.2527$	0.9578	12.9 ± 0.9	51 ± 6
Prepupa	15-35	$y = 0.0618x - 0.2898$	0.9110	4.7 ± 1.8	16 ± 4
Pupa	15-35	$y = 0.0092x - 0.0948$	0.9520	10.3 ± 1.3	109 ± 20
Egg to pupa	15-35	$y = 0.0052x - 0.0591$	0.9610	11.3 ± 0.9	192 ± 26

1) Regression equation for relationships where $p < 0.01$.

2) Estimated according to Campbell *et al.* (1974). R^2: coefficient of determination. T_0: the lower developmental threshold. *DD*: thermal summation in degree-day.

20 與 25℃ 時各爲 21.9 與 18.7 日，30 與 35℃ 時各爲 9.6 與 8.2 日，處理間呈顯著差異 (表四)。雄蜂壽命在 15℃ 時爲 32.5 日，20 與 25℃ 時均爲 16.3 日，30 與 35℃ 時各爲 8.0 與 7.3 日，處理組間呈顯著差異 (表四)。雌、雄蜂二者在相同溫度下，各處理組壽命均無顯著差異 (表四)。

產卵：每雌一生產有活力卵數 (蛹數)，在 25℃ 時爲 243 粒，20℃ 時爲 135 粒，15、30 及 35℃ 時僅爲 14～41 粒，處理間呈顯著差異 (表四)。日產卵型式受溫度影響 (圖一)。在 15℃ 下，雌蜂之產卵前期爲 2 日，

表四　不同溫度下岡崎釉小蜂之壽命、生育力及致死寄主能力 [1)]

Table 4.　Longevity, fertility and host-killing capability of *Closterocerus okazakii* at various temperatures[1)]

Temp. (°C)	*n*	Longevity (d)		Fertility		No. hosts killed/female			
		Female	Male	No. adults	Female proportion	Parasitized	Host-feeding	Total	Parasitized/ host-feeding
15	10	45.5 ± 5.1Aa[2)]	32.5 ± 4.1Aa	11 ± 2 d	0.48 ± 0.05b	19 ± 3d	75 ± 14bc	94 ± 14de	0.3 ± 0.1d
20	8	21.9 ± 3.4Ab	16.3 ± 1.8Ab	123 ± 23b	0.53 ± 0.06ab	135 ± 26b	110 ± 19ab	245 ± 43b	1.2 ± 0.2bc
25	9	18.7 ± 2.8Ab	16.3 ± 1.4Ab	231 ± 24a	0.60 ± 0.03a	243 ± 25a	129 ± 21a	372 ± 42a	2.0 ± 0.2a
30	18	9.6 ± 1.0Ac	8.0 ± 0.9Ac	39 ± 9cd	0.52 ± 0.04ab	41 ± 10cd	22 ± 7d	64 ± 15de	2.0 ± 0.4a
35	11	8.2 ± 1.1Ac	7.3 ± 1.0Ac	14 ± 5d	0.01 ± 0.01c	14 ± 6d	17 ± 6d	32 ± 11e	0.8 ± 0.3cd
25→30[3)]	8	10.3 ± 0.8Ac	7.9 ± 0.8Ac	116 ± 18b	0.60 ± 0.03a	121 ± 20b	68 ± 15c	189 ± 24bc	2.0 ± 0.3ab
25→35[3)]	4	9.8 ± 0.7Ac	9.0 ± 0.7Ac	84 ± 6bc	0.55 ± 0.01ab	85 ± 7bc	56 ± 9cd	141 ± 16cd	1.7 ± 0.2ab

1) One pair of adults was provided daily with 40-50 third instars of *Liriomyza sativae* and honey and reared at a given temperature with a photoperiod of 14:10 (L:D) and 65-85% RH.

2) Means ($\bar{X}$ ± SEM) of longevity followed by the same uppercase letter denote that there are no significant differences between sexes (p < 0.05, t-test). Means ($\bar{X}$ ± SEM) within each column followed by the same lowercase letter are not significantly different (p < 0.05, LSD).

3) Reared and emerged at 25°C, then transferred to 30 or 35°C for oviposition and feeding.

產卵期雖長達 52 日，但每日產有活力卵數僅 0～2.2 粒，且無產卵後期；在 20 與 25℃ 下，雌蜂之產卵前期各為 1 與 0 日，產卵期各長達 28 與 35 日，每日產有活力卵數各為 0.3～16.1 與 1.0～21.3 粒，產卵後期各為 6 與 0 日；在 30 與 35℃ 時，雌蜂均無產卵前期，產卵期各縮短為 15 與 13 日，前者每日產有活力卵數雖仍維持 0.3～11.1 粒，但後者卻僅為 1.0～2.6 粒，產卵後期各為 2 與 1 日。

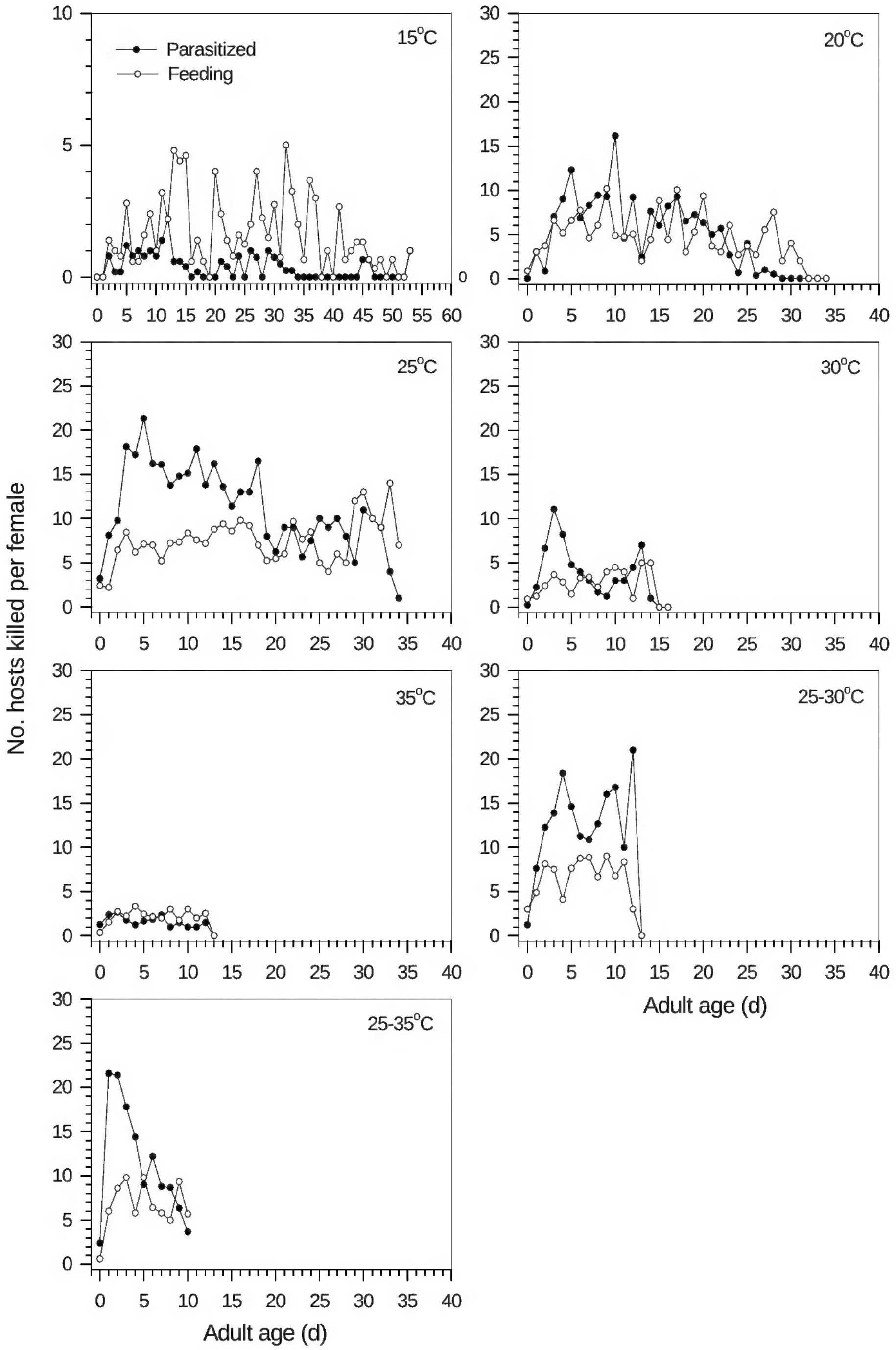
取食：每雌一生取食寄主數，在 20 與 25℃ 時各為 110 與 129 隻，15℃ 時為 75 隻，30 與 35℃ 時各為 22 與 17 隻，其中 20 與 25℃ 處理組，與其餘處理組間呈顯著差異 (表四)。日取食型式受溫度影響 (圖一)。在 15℃ 下，雌蜂之取食前期為 2 日，取食期雖長達 52 日，但每日取食寄主數僅 0～5.0 隻，無取食後期；20 與 25℃ 下，雌蜂無取食前期，取食期相近各為 32 與 35 日，每日取食寄主數各為 0.9～10.1 與 2.2～14.0 隻，取食後期各為 3 與 0 日；在 30 與 35℃ 時，雌蜂無取食前期，取食期各縮短為 15 與 13 日，每日取食寄主數亦各銳減為 0.9～5.0 與 0.4～3.3 隻，取食後期各為 2 與 1 日。

寄生致死寄主數與取食致死寄主數之比值：雌蜂寄生致死寄主數與取食致死寄主數之比值，在 25 與 30℃ 時均為 2.0，而 15、20 及 35℃ 時各達 0.3、1.2 及 0.8，其中 25 與 30℃ 處理組，與其餘處理組間呈顯著差異 (表四)。

致死寄主能力：每雌一生致死寄主數，在 25℃ 時為 372 隻，20℃ 時為 245 隻，15、30 及 35℃ 時僅為 32～94 隻，處理間呈顯著差異 (表四)。

子蜂數：每雌一生產子蜂數，在 25℃ 時為 231 隻，20℃ 時為 123 隻，15、30 及 35℃ 時僅為 11～39 隻，處理間呈顯著差異 (表四)。

子代雌性比：子代雌性比在 20、25 及 30℃ 時為 0.52～0.60，處理間無顯著差異，而 15℃ 時為 0.48、35℃ 時僅為 0.01，兩



圖一　岡崎釉小蜂在不同溫度下各日齡之寄生與取食寄主型式。

Fig. 1. Daily parasitization and host-feeding patterns of female *Closterocerus okazakii* at various temperatures (25-30°C and 25-35°C: wasps reared and emerged at 25°C, then transferred to 30 or 35°C for oviposition and feeding).

表五　不同定溫下岡崎釉小蜂之族群介量 [1,2]

Table 5. Population parameters[1,2] of *Closterocerus okazakii* at various constant temperatures

Temp. (°C)	r_m	λ	R_0	T
15	0.0299	1.030	8.4	71.2
20	0.1179	1.125	65.5	35.5
25	0.2421	1.274	139.7	20.4
30	0.2154	1.240	19.1	13.7
35	- 0.1381	0.871	0.1	14.6

1) r_m: intrinsic rate of increase (d^{-1}). λ: finite rate of increase (d^{-1}). R_0: net reproduction rate (viable female eggs/female). T: mean generation time (d).

2) For the calculation of the population parameters, the number of eggs that survived to pupae was used as the age-specific number.

者與 25℃ 處理組間呈顯著差異 (表四)。

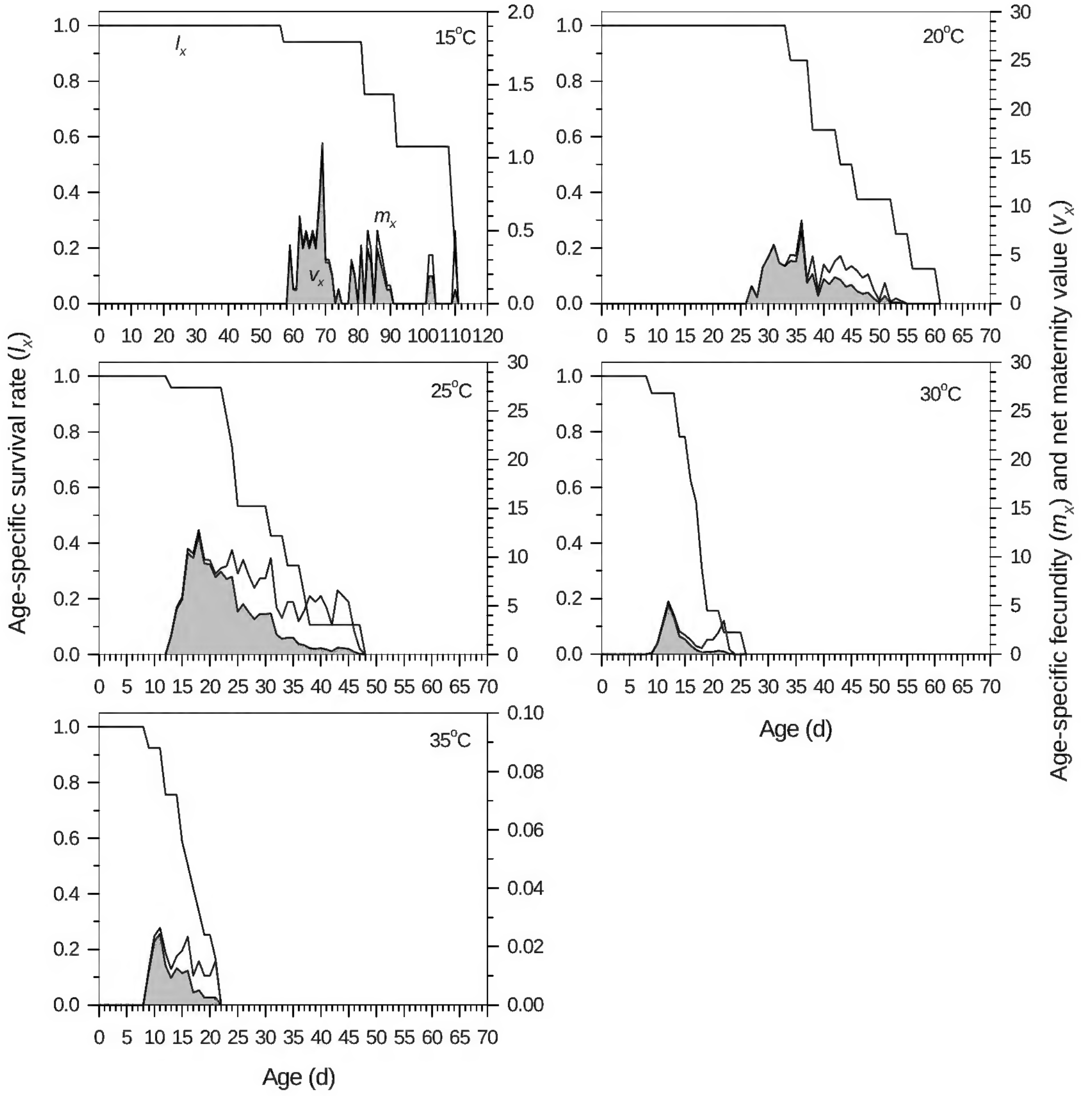
齡別生命表：在 15～25℃ 定溫時，族群增長隨溫度之上升而增加，因此若就其每日雌性有活力卵數之內在增殖率觀之，25℃ 爲該蜂族群增長最快之溫度，30℃ 時內在增殖率略下降，至 35℃ 時更呈負成長 (表五)。該蜂齡別存活率 (l_x) 之曲線型式，在 15～35℃ 各處理組間均相似，而齡別淨增殖值 (v_x) 與齡別繁殖率 (m_x) 之曲線型式，在 20～35℃ 處理組間雖皆相似，卻與 15℃ 處理組不同 (圖二)。

三、高溫對 25℃ 下繁殖之釉小蜂壽命、生育力及致死寄主能力之影響

岡崎釉小蜂在 25℃ 下繁殖之初羽化成蜂，若移至 30 與 35℃ 高溫下、每日供應 40～50 隻第三齡寄主幼蟲時，兩處理組間，不論壽命、致死寄主能力及子代雌性比等均無顯著差異。與前第二項試驗結果比較時，該兩處理組雌蜂之一生產子蜂數、致死寄主總數、寄生致死寄主數及取食致死寄主數等，雖均顯著較 25℃ 定溫者低，但前三項卻各顯著較 30 與 35℃ 定溫者高；子代雌性比方面，兩處理組與 25℃ 定溫者間無顯著差異，卻顯著較 35℃ 定溫者高 (表四)。另兩處理組之日產卵與取食型式，亦與 25℃ 定溫者不一，兩處理組每日產有活力卵數與取食寄主數，雖仍各維持爲 1.3～21.6 粒與 0.6～9.8 隻，但兩處理組之產卵期與取食期卻均明顯縮短爲 11～13 日 (圖一)。

四、溫度與食物對成蜂壽命之影響

溫度與食物對成蜂壽命影響甚大。就溫度而言，每日僅以純蜂蜜餵食，雌蜂壽命在 20℃ 時最長，15℃ 時次之，25℃ 時再次，30、35℃ 時最短，處理間呈顯著差異，雄蜂壽命則在 15、20℃ 時最長，25℃ 時次之，30、35℃ 時最短，處理間呈顯著差異 (表六)；每日同時供應寄主與純蜂蜜時，雌、雄蜂壽命均在 15℃ 時最長，20、25℃ 時次之，30、35℃ 時最短，處理間呈顯著差異 (表六)。就食物而言，在相同溫度下，僅供應純蜂蜜，或同時供應寄主與純蜂蜜，15℃ 時，雌、雄蜂壽命在兩種食物處理組間皆無顯著差異；而 20、25℃ 時，不論雌、雄蜂，僅供應純蜂蜜者之壽命，均顯著較同時供應寄主與純蜂蜜者長；但 30、35℃ 時，不論雌、雄蜂，僅供應純蜂蜜者之壽命，卻均顯著較同時供應寄主與純蜂蜜者短 (表六)；另在 25℃ 下，雌、雄蜂壽命，均以餵食純蜂蜜者最長，供應寄主與純蜂蜜者



圖二　岡崎釉小蜂在不同定溫下之齡別存活率 (l_x)、齡別繁殖率 (m_x) 及齡別淨增殖值 ($v_x = l_x m_x$)。

Fig. 2. Age-specific survival rate (l_x), fecundity (m_x) and net maternity value ($v_x = l_x m_x$) of *Closterocerus okazakii* at various constant temperatures.

其次，僅餵食水或不餵食者最短，處理間呈顯著差異 (表六)。

在 15～35℃ 定溫、每日僅以純蜂蜜餵食，成蜂各日齡之存活率，隨溫度之上升而降低。雌蜂在 15、20 及 25℃ 時，其 37、49 及 27 日齡時之存活率，仍各高達 80.7～85.8%，但在 30 與 35℃ 時，其 4 與 2 日齡時之存活率，卻僅各達 35.0 與 20.0%；雄蜂在 15、20 及 25℃ 時，其 29、31 及 16 日齡時之存活率，仍各高達 80.0～83.3%，但在 30 與 35℃ 時，其 3 與 1 日齡時之存活率，卻僅各達 35.7 與 13.3% (圖三)。

表六　溫度與食物對岡崎釉小蜂壽命之影響

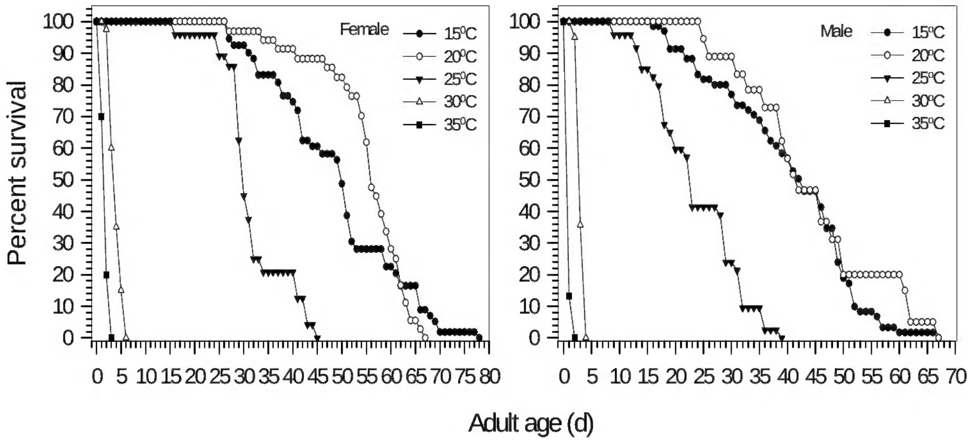
Table 6. The influence of temperature and food on the longevity of *Closterocerus okazakii*

Temp. (°C)	Female				Male			
	Honey[1)]	Host + honey[2)]	Water[1)]	Ck (none)[1)]	Honey[1)]	Host+ honey[2)]	Water[1)]	Ck (none)[1)]
15	48.0 ± 3.0[3)]Ab	45.5 ± 5.1Aa			39.5 ± 2.0Aa	32.5 ± 4.1Aa		
20	55.9 ± 2.4Aa	21.9 ± 3.4Bb			40.3 ± 1.3Aa	16.3 ± 1.8Bb		
25	31.9 ± 2.7Ac	18.7 ± 2.8Bb	5.9 ± 0.2C	3.7 ± 0.1C	24.1 ± 1.5Ab	16.3 ± 1.4Bb	4.1 ± 0.1C	2.8 ± 0.2C
30	4.3 ± 0.4Bd	9.6 ± 1.0Ac			3.3 ± 0.2Bc	8.0 ± 0.8Ac		
35	1.9 ± 0.3Bd	8.2 ± 1.1Ac			1.1 ± 0.1Bc	7.3 ± 1.0Ac		

1) With ten pair of adults per treatment reared at a given temperature with a photoperiod of 14:10 (L:D) and 65-85% RH. Four to five replicates.

2) One pair of adults was provided daily with 40-50 third instars of *Liriomyza sativae* and honey and reared at a given temperature with a photoperiod of 14:10 (L:D) and 65-85% RH. Five to eleven replicates.

3) Means ($\bar{X}$ ± SEM) within each row in female test and male test followed by the same uppercase letter denote that there are no significant differences (p < 0.05, LSD or t test). Means ($\bar{X}$ ± SEM) within each column followed by the same lowercase letter are not significantly different (p < 0.05, LSD).



圖三　不同溫度下供應純蜂蜜時岡崎釉小蜂成蜂之日存活率。

Fig. 3. Daily survival rates of adult *Closterocerus okazakii* fed with honey at various constant temperatures.

討論與結論

一、溫度對岡崎釉小蜂發生之影響

Campbell *et al*. (1974) 曾就蚜蟲與其寄生蜂兩者之發育臨界低溫加以比較，認爲寄生蜂爲適應生存，其發育臨界低溫較寄主高，但這種現象亦影響寄生蜂與寄主之同律性。在臺灣，不論自中央氣象局 1897～1997 年間發佈之臺北、新竹及臺中地區 12 月至 2 月冬季之月平均最低溫 (11.7～14.3℃)、臺南與高雄 6 至 8 月夏季之月平均最高溫 (32.0～32.6℃ 與 31.3～37.6℃)；或本試驗結果 (表三) 與蔬菜斑潛蠅卵至蛹期之發育臨界低溫 (11.1℃)、發育有效積溫 (236 日度) 及發育之適溫帶 (15～30℃) (Chien and Chang, 2007) 比較後，岡崎釉小蜂卵至蛹期之發育臨

界低溫不僅與寄主近似，其發育有效積溫較寄主低，同時其發育適溫帶亦較寄主寬。顯示蔬菜斑潛蠅與岡崎釉小蜂，不但均可在臺灣地區終年發生，且兩者間之同律性亦不受當地溫度之影響。

二、岡崎釉小蜂致死寄主能力之估算

岡崎釉小蜂致死寄主之方式，有寄生與取食寄主兩種，爲確保試驗值之正確性與操作之方便性，Chien and Ku (2001) 曾建議在 25℃ 下，以寄生蜂蛹數，代表雌蜂對寄主之寄生數；取食寄主數則由雌蜂對寄主幼蟲之總致死數減去寄生蜂蛹數得知。本試驗結果顯示，岡崎釉小蜂在 15～35℃ 下，其卵期或幼蟲期之存活率均高達 100% (表一)，因此更證實在此溫度範圍內，可利用上述兩種方法，簡易並確實地估計岡崎釉小蜂對寄主之致死能力。同時由於該雌蜂一生寄生致死寄主數與取食致死寄主數之比值與溫度有關 (表四)，15℃ 時取食數偏高，20 與 35℃ 時寄生與取食量近似，25 與 30℃ 時則寄生量較取食量高 2 倍。顯示該值於蔬菜斑潛蠅生物防治時，不論對岡崎釉小蜂繁殖或釋放量之決定，均具參考價值。例如該蜂於室內 25℃ 下大量繁殖時，須依其寄生與取食之能力，供應足夠量之寄主數，否則將因寄主數量之不足，導致雌蜂過寄生 (superparasitism) 現象，進而影響寄生蜂之量產。田間進行該蜂生物防治時，需同時考量該蜂在不同溫度下對寄主之致死能力及其寄生與取食寄主之比值，進而決定寄生蜂與寄主之釋放比例，如逢寒流低溫，此時決定寄生蜂之釋放量，要偏重其對寄主之取食抑制力；其餘溫度時，因寄生蜂對寄主寄生之抑制力與取食力相當、或更高，此時寄生蜂之釋放量即不可過多，以免不利寄生蜂下一代族群之發生。

三、溫度對岡崎釉小蜂致死寄主能力之影響

在定溫情況下，25℃ 爲岡崎釉小蜂致死蔬菜斑潛蠅之最適溫度，20℃ 次之，而 15、30 及 35℃ 則不利該蜂對寄主之致死能力 (表四)。但在非定溫情況下，若將 25℃ 下繁殖之岡崎釉小蜂移至 30 與 35℃ 時，其對寄主之致死力卻可較 30 與 35℃ 定溫時，各提高 3.0 與 4.4 倍 (表四)。其間之差異，或可推論 30 與 35℃ 高溫對岡崎釉小蜂致死寄主能力之影響，並非在雌蜂之寄生或取食寄主行爲，但是否影響該蜂未成熟期卵巢之發育，尚待進一步試驗。不過此項特質，對於岡崎釉小蜂在溫、網室高溫下，以生物藥劑釋放方式，防治蔬菜斑潛蠅時，仍有利用之處。至於晝夜變溫，對岡崎釉小蜂活動、生殖及致死寄主能力之影響，仍待觀察。

四、溫度對岡崎釉小蜂生命表與抑制寄主族群能力之影響

一般生物防治時，寄生蜂之內在增殖率常被要求需較寄主高或相當，可是當寄生蜂之內在增殖率雖較寄主低，但其具取食寄主或殘害寄主 (host mutilation) 之能力時，仍可視爲好的生物防治因子 (Huffaker *et al.*, 1977)。經比較岡崎釉小蜂 (表五) 與寄主蔬菜斑潛蠅 (Chien and Chang, 2007) 在 15～30℃ 下之族群介量，得知該蜂每日產雌性有活力卵之內在增殖率，除在 30℃ 外，其值均較寄主高；同時該蜂致死寄主方式除寄生外，尚有取食寄主一項 (表五)。因此不論，自害蟲與寄生蜂間之齡別生命表、或寄生蜂抑制寄主能力，均顯示岡崎釉小蜂在 15～30℃ 時，確對寄主族群具強勢之抑制力，且爲蔬菜斑潛蠅之有效寄生蜂。

五、溫度與食物對岡崎釉小蜂壽命之影響

寄生性膜翅目成蜂之食物，可分寄主性食物 (host food) 與非寄主性食物 (non-host food) 兩大類；前者主要係寄主體液，為寄生蜂卵形成時所必需之營養 (Leius, 1961a, b; Wylie, 1962; Clark, 1963)；而後者則多屬醣類食物，為寄生蜂活動、維生所必需之養分 (Jervis and Kidd, 1986)。岡崎釉小蜂壽命除受溫度影響外，亦受其寄主體液與蜂蜜之影響 (表六)。在 25℃ 定溫、不餵食或餵水時，岡崎釉小蜂雌、雄蜂壽命甚短；在 20～25℃ 時，該蜂確可因純蜂蜜之供食與無產卵活動能量之消耗，使得雌、雄蜂壽命，較有寄主與純蜂蜜存在時，各延長 1.7～2.6 與 1.5～2.5 倍，但在 30 與 35℃ 高溫時，雖同時供應純蜂蜜，岡崎釉小蜂卻可因豆株之存在與雌蜂取食寄主體液獲得之營養，使得雌、雄蜂壽命，較無豆株與寄主存在時，各延長 2.2～4.3 與 2.4～6.6 倍。因此建議當岡崎釉小蜂成蜂貯存、繁殖及田間應用時，均可考慮以純蜂蜜供食，除可直接延長成蜂壽命外，間接亦促進其族群增長與致死寄主能力之增強。

六、岡崎釉小蜂大量繁殖時之條件

進行害蟲生物防治時，為提供適時、適量之寄生蜂，因而寄生蜂之大量繁殖與貯存技術，即成為害蟲生物防治中必備之條件。有關岡崎釉小蜂之接蜂方法、寄主植物、對寄主齡期偏好性及生活史等已有報導 (Chien and Ku, 2001; Chien and Chang, 2009)。今由本試驗結果得知，25℃ 為岡崎釉小蜂繁殖之最適溫度。至於岡崎釉小蜂貯存技術之開發，本試驗初步結果僅知雌蜂在 15 與 20℃ 下餵食純蜂蜜，其壽命可顯著延長達 48～55.9 日，至於該蜂最適之貯存蟲期、溫度、期限及該蜂在貯存時是否具有控制卵巢發育之機制等，仍待探討。

七、岡崎釉小蜂與底比斯釉小蜂對溫度之偏好

在臺灣，岡崎釉小蜂與底比斯釉小蜂 (*Chrysocharis pentheus* (Walker)) 同為田間蔬菜斑潛蠅本地種之優勢寄生蜂 (Chien and Chang, unpublished data)。Chien and Chang (2008a) 曾深入了解底比斯釉小蜂之形態與生活史，Chien and Chang (2009) 亦曾就兩種寄生蜂之分布與寄主種類、形態與蛹便上之區辨、發育與習性、及對寄主之抑制力等不同特性進行比較。至於溫度對兩種寄生蜂之影響，經比對本試驗結果與溫度對底比斯釉小蜂發育、致死寄主能力及生命表等 (Chien and Chang, 2008b) 資料後，發現二蜂發育時，對 10℃ 低溫之適應，岡崎釉小蜂幼蟲無法存活，而底比斯釉小蜂卵至蛹期之存活率則可達 46.1%；致死寄主之適溫範圍，岡崎釉小蜂 (15～35℃) 較底比斯釉小蜂 (15～25℃) 廣；繁殖之適溫範圍，岡崎釉小蜂較適於中至高溫 (20～30℃)，而底比斯釉小蜂則較適於低至中溫 (15～25℃)。筆者認為此二蜂對溫度之不同偏好，或有益於減少彼此之競爭，但此說法仍待田間調查資料之證實。

引用文獻

Arakaki, N., and K. Kinjo. 1998. Notes on the parasitoid fauna of the serpentine leafminer *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) in Okinawa, southern Japan. Appl. Entomol. Zool. 33: 577-581.

Campbell, A., B. D. Frazer, N. Gilbert, A. P. Gutierrez, and M. Mackauer. 1974. Temperature requirements of some

aphids and their parasites. J. Appl. Ecol. 11: 431-438.

Chen, Y., and Q. Ye. 2002. Studies on the biological characteristics of *Neochrysocharis okazakii* Kamijo (Hymenoptera: Braconidae). Acta Entomol. Sin. 45 (Supplement): 128-131.

Chien, C. C., and S. C. Chang. 2007. Morphology, life history and life table of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae). Formosan Entomol. 27: 205-225. (in Chinese)

Chien, C. C., and S. C. Chang. 2008a. Morphology and life history of *Chrysocharis pentheus* (Walker) (Hymenoptera: Eulophidae). Formosan Entomol. 28: 159-183. (in Chinese)

Chien, C. C., and S. C. Chang. 2008b. Influence of temperature on the population increase and host-killing capability of *Chrysocharis pentheus* (Walker) (Hymenoptera: Eulophidae). Formosan Entomol. 28: 277-291. (in Chinese)

Chien, C. C., and S. C. Chang. 2009. Morphology and life history of *Closterocerus okazakii* (Kamijo) (Eulophidae). Formosan Entomol. 29: 25-36. (in Chinese)

Chien, C. C., and S. C. Ku. 1996. Morphology, life history and reproductive ability of *Liriomyza trifolii*. J. Agric. Res. China 45: 69-88. (in Chinese)

Chien, C. C., and S. C. Ku. 1998. The occurrence of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) and its parasitoids on fields of *Gerbera jamesonii*. Chinese J. Entomol. 18: 187-197. (in Chinese)

Chien, C. C., and S. C. Ku. 2001. Instar preference of five species of parasitoids of *Liriomyza trifolii* (Hymenoptera: Eulophidae, Braconidae). Formosan Entomol. 21: 89-97. (in Chinese)

Clark, A. M. 1963. The influence of diet upon the adult life span of two species of *Bracon*. Ann. Entomol. Soc. Am. 56: 616-619.

Goodman, D. 1982. Optimal life histories, optimal notation, and the value of reproductive value. Am. Nat. 119: 803-823.

Huffaker, C. B., R. F. Luck, and P. S. Messenger. 1977. The ecological basis of biological control. pp. 560-586. *In*: D. White, ed. Proceedings of XV International Congress of Entomology. Entomological Society of America, College Park, Maryland.

Jervis, M. A., and N. A. C. Kidd. 1986. Host-feeding strategies in Hymenoptera parasitoids. Biol. Rev. 61: 395-434.

Leius, K. 1961a. Influence of food on fecundity and longevity of adults of *Itoplectis conquisitor* (Say) (Hymenoptera: Ichneumonidae). Can. Entomol. 93: 771-780.

Leius, K. 1961b. Influence of various foods on fecundity and longevity of adults of

Scambus buolicnce (Htg.) (Hymenoptera: Ichneumonidae). Can. Entomol. 93: 1079-1084.

Lin, F. C., and C. L. Wang. 1992. The occurrence of parasitoids of *Liriomyza trifolii* (Burgess) in Taiwan. Chinese J. Entomol. 12: 247-257. (in Chinese)

Wylie, H. G. 1962. An effect of host age on female longevity and fecundity in *Nasonia vitripennis* (Walker) (Hymenoptera: Pteromalidae). Can. Entomol. 94: 990-993.

Zeng, L., J. J. Wu, and W. Q. Zhang. 1999. Preliminary studies on the parasitoids of *Liriomyza sativae* (Blanchard) (Diptera: Agromyzidae) in Guangdong. Natural Enemies of Insects 21: 113-116. (in Chinese)

收件日期：2009 年 2 月 3 日
接受日期：2009 年 4 月 8 日

Influence of Temperature on the Life Table and Host-killing Capability of *Closterocerus okazakii* (Kamijo) (Hymenoptera: Eulophidae)

Ching-Chin Chien[1]* and Shu-Chen Chang[1]

[1] Applied Zoology Division, Agricultural Research Institute, Council of Agriculture, Wufeng, Taichung, Taiwan

ABSTRACT

Closterocerus okazakii (Kamijo) is one of the dominant species in the parasitoid complex of the vegetable leaf miner *Liriomyza sativae* Blanchard in Taiwan. To understand the biological control availability of this wasp, we investigated the influence of temperature (10-35°C at 5°C intervals) on both their life table and their host-killing capability. The suitable temperature range for the development of this wasp was from 15 to 35°C. Within this range, the survival rate and development period from egg to pupal stage was 92.4-100% and 8.8-56.8 days, respectively. However, the survival rates of egg and larval stages were 7.5 and 0% at 10°C. The lower developmental threshold was 11.3°C from egg to pupal stage. The thermal requirements of egg, larval, prepupal, pupal, and egg to pupal stages were 21, 51, 16, 109, and 192 degree-days, respectively. The total number of hosts killed by the wasp was 94, 245, 372, 64 and 32 at 15, 20, 25, 30 and 35°C, respectively when 40-50 third instars of *L. sativae* were provided daily for a pair of *C. okazakii*. However, the total numbers of hosts killed by parasitism and feeding were 189 and 141, respectively when the wasps were reared at 25°C during the immature stages and later transferred to 30 and 35°C after emergence. At 25°C, the intrinsic rate of increase (r_m) and the net reproductive rate (R_o) were 0.2421/day and 139.7 viable female eggs (pupae) per female, respectively. The maximum longevity of the female and male wasps was 55.9 days at 20°C and 39.5-40.3 days at 15 and 20°C, respectively when adults were provided daily with honey only at between 15 to 35°C. For those wasps provided daily with both hosts and honey, the maximum longevity of both female and male wasps was 45.5 and 32.5 days at 15°C, respectively.

Key words: *Closterocerus okazakii*, *Liriomyza sativae*, temperature, life table, host-killing capability

*Correspondence address
e-mail: chien@tari.gov.tw